

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 27 September 2000 (27.09.00)	
International application No. PCT/FI99/00963	Applicant's or agent's file reference TELL 2 PCT
International filing date (day/month/year) 19 November 1999 (19.11.99)	Priority date (day/month/year) 19 November 1998 (19.11.98)
Applicant LAAMANEN, Heikki et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
13 June 2000 (13.06.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

<p>The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland</p> <p>Facsimile No.: (41-22) 740.14.35</p>	<p>Authorized officer F. Baechler</p> <p>Telephone No.: (41-22) 338.83.38</p>
--	---



INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁷ : H04L 27/26	A2	(11) International Publication Number: WO 00/31939 (43) International Publication Date: 2 June 2000 (02.06.00)
--	-----------	---

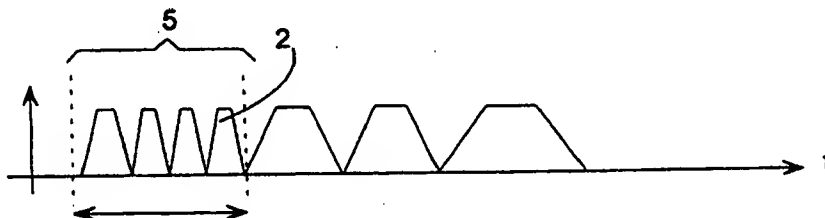
(21) International Application Number: **PCT/FI99/00963**(22) International Filing Date: **19 November 1999 (19.11.99)**(30) Priority Data:
982509 19 November 1998 (19.11.98) FI(71) Applicant (for all designated States except US): **TELLABS OY**
[FI/FI]; Sinikalliontie 7, FIN-02630 Espoo (FI).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **LAAMANEN, Heikki**
[FI/FI]; Nuottakuja 2 B, FIN-02230 Espoo (FI).
VÄÄNÄNEN, Janne [FI/FI]; Lansankallionkuja 2 A 4,
FIN-02630 Espoo (FI).(74) Agent: **SEPPO LAINE OY**; Itämerenkatu 3 B, FIN-00180
Helsinki (FI).(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE,
LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).**Published***In English translation (filed in Finnish).**Without international search report and to be republished
upon receipt of that report.*(54) Title: **METHOD FOR DETERMINING FREQUENCY SUB-BAND DIVISION IN MODEMS BASED ON MULTICARRIER
MODULATION TECHNIQUE AND SYSTEM UTILIZING THE METHOD**

(57) Abstract

The present invention concerns a method and system for dividing the transmission bandwidth into data-transferring subchannels of desired bandwidths and carrier locations in modems based on multicarrier modulation technique, in which method the transmission bandwidth is divided into at least three subchannels (2) when both transmission directions are taken into account. According to the invention, the bandwidth of said subchannels (2) at frequency ranges (5) affected at the highest probability by RF interference emissions at frequencies (4) not known *a priori* is set narrower than the bandwidth of other subchannels (2) and the number of said narrower-bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.



Frequency range of high broadcast activity and high density
of radio station along the frequency axis

Method for determining frequency sub-band division in modems based on multicarrier modulation technique and system utilizing the method

5 The invention relates to a method according to the preamble of claim 1 for dividing the transmission bandwidth into data-transferring subchannels of desired bandwidths and carrier locations in modems based on multicarrier modulation technique.

10 The invention also relates to a system for optimizing subchannel allocation in modems based on multicarrier modulation.

Accordingly, the invention concerns a method capable of offering modem connections protection against radio-frequency interference occurring at frequencies not known *a priori*. The invention further concerns an apparatus giving protection against such radio-frequency interference on a modem connection. The method can
15 be used in modems based on conventional linear modulation methods: QAM (Quadrature Amplitude Modulation) and CAP (Carrierless Amplitude/Phase Modulation).

20 Copper lines are finding use for transferring data at increasingly faster rates. A task force of the ETSI (European Telecommunication Standards Institute) is currently working on standard specifications of the VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) modem. The maximum data rates will reach tens of megabits per second and the frequency band used for data transfer will extend from 300 kHz to 30 MHz.

25 Operation at this frequency range over subchannels having a bandwidth of several megahertz will make the system subject to interference from different kinds of radio-frequency emissions particularly in countries using overhead wireline cables for subscriber connections (as is the case in rural Finland, for example). The frequency
30 range is also allocated for use by a plurality of AM radio stations and even radio amateur activities. Such radio emissions can cause disturbance in the modem

receiver by way of being coupled onto the overhead wireline cable, whereby a portion of the captured energy is converted into a so-called transverse interference signal that may be transmitted over the cable up to the modem receiver. On the other hand, the modem connection itself can cause interference at radio frequencies inasmuch the modulated signal transferred over the cable involves power
5 transmission at radio frequencies, whereby a portion of the modem transmitter output power may be emitted to the environment.

As to the design of a modem, radio-frequency interference can be divided into two
10 categories: interference at *a priori* known frequencies and interference at random frequencies that cannot be known *a priori*. One kind of *a priori* known interference is related to that caused by radio amateur transmissions owing to the fact that radio amateur activities are concentrated on certain frequency bands allocated by international standardization bodies. In contrast, emissions of the multitude of AM
15 stations must be included in the group of random interference whose frequencies cannot be considered known *a priori* during the design process of a modem, since the transmission frequencies of the stations may vary widely from country to country.

20 The connection in a given direction (that is, from the subscriber to the switching center in the US (upstream) direction) or from the switching center to the subscriber in the DS (downstream) direction can be implemented using a single channel (1) or a plurality of subchannels (2) as illustrated in Fig. 1. When a multicarrier system is adopted, the subchannels may be separated by a frequency band (3) (conventionally
25 known as a guard band) over which practically no power is transmitted or, alternatively, the subchannels may overlap to a certain extent as shown in Fig. 2. While the overlapping subchannels appear to form a continuous frequency band, the modulation technique used herein is easier to understand on the basis of multiple subchannels.

direction is shown in Fig. 3 for one direction. The information carried by the data (D) to be transferred is distributed between parallel branches ($D_1 \dots D_n$) that are upmodulated ($m_1 \dots m_n$) each into its own subchannel across the bandwidth. In this manner, the data stream is multiplexed into subchannel signals $S_1 \dots S_n$, which together form the combination signal (S) to be transferred over the transmission channel. In reception, certain functions (h) (such as a portion of signal filtering) are imposed on the incoming signal (S). Next, the subchannel signals ($s_1 \dots s_n$) corresponding to each subchannel are separated and downmodulated ($m_1 \dots m_n$) from the incoming signal, after which the subchannel signals are subjected to other operations required at receive end, such as channel equalization, detection, clock recovery and necessary filtrations (k). Combination of the parallel data substreams $d_1 \dots d_n$ yields the received data stream (d). Thus, the received data stream (d) is identical to the incoming data stream (D) of the transmit end provided that no transmission path errors have occurred. In this text, the frequency bands corresponding to each data substream are called subchannels. However, the subchannels used for data transfer in a given direction (US or DS) need not necessarily be placed orderedly adjacent to each other in the frequency spectrum, but also other kinds of allocation schemes may be used for arranging the subchannels of opposite data transfer directions in an interlaced manner. For the context of the following discussion, the data transfer direction assigned to a certain individual subchannel is an irrelevant issue. The center frequencies of the subchannels are called carriers, whereby a system using only one channel per a data transfer direction is known as a single-carrier system and, respectively, a system using multiple subchannels per a data transfer direction is called a multicarrier system.

In a single-carrier communication system, the bandwidth of the data transfer channel at the bit rates used on VDSL connections is in the order of several megahertz, typically from 1 to 12 MHz. The amplitude and phase distortion of the channel must be corrected by adaptive equalizers of the receiver. The magnitude of amplitude and phase distortion is proportional to the channel bandwidth and, thus, to the data transfer rate (symbol rate). Resultingly, a higher data transfer rate also requires a longer

time period to be processed in the equalizers of the receiver. Such an increase in the temporal capacity of the equalizer also requires a larger number of tap coefficients. The larger number of tap coefficients in turn increases the quantity of computational steps and thus the power consumption of microcircuits, which is a critical factor in the reliability of electronic equipment. However, the single-carrier communication system has the simplicity benefit of fixed structure in the transmitter and receiver filters as compared with those of multicarrier communication systems.

The subchannels of a multicarrier system may be allocated equal or unequal bandwidths in the frequency spectrum, and they can be spaced at equal or unequal distances from each other over the frequency spectrum. In a conventional DMT (discrete multitone) modulation scheme, all the subchannels have an equal bandwidth and they are equispaced. The DMT modulation is implemented with the help of a filter bank that at the transmit end performs an inverse discrete Fourier transform (IDFT) and at the receive end a corresponding discrete Fourier transform (DTF) [Lee & Messerschmitt]. Such a filter bank that forms subchannels of equal bandwidth and equal spacing is called a uniform filter bank. Respectively, a filter bank not fulfilling the condition of equal bandwidth and/or equal spacing is called a nonuniform filter bank. The realization of both uniform and nonuniform filter banks is described, e.g. in a paper [Cox]. With the help of such filter banks, it is possible to implement both uniform and nonuniform multicarrier communication systems. A multicarrier system may also be contemplated to be comprised of a plurality of logically, but not necessarily implementation-wise, parallel-operating single-carrier systems. In Fig. 3, for example, each branch (e.g., signal chain: $m1$ -channel- h - $m1$ - k) can be formed by a conventional communication system based on the QAM technique. A description of the QAM basics can be found, e.g., in cited publication [Lee & Messerschmitt].

Multicarrier communication systems have an advantage over a single-carrier system in that multicarrier systems allow data streams to be transmitted over frequency bands exhibiting the best signal-to-noise ratio and, on the other hand, to avoid such

frequency bands on which interference emission from the modem operation is unallowable. A disadvantage of multicarrier systems is the complexity of their transmit and receive filter structures (filter bank) and the high ratio of peak-to-RMS signal power as compared with a single-carrier system. While the degree of system complexity increases with the number of subchannels, a great number of subchannels is advantageous in terms of the overall data transfer capacity because it offers the possibility of maximally utilizing the frequency ranges of highest signal-to-noise ratio. Given a constant data transfer capacity, the division of the channel into a greater number of subchannels requires that either all or at least a portion of the subchannels must be operated at a reduced bandwidth. A narrow subchannel bandwidth improves the system tolerance to impulse noise, since the symbol period is simultaneously extended.

Furthermore, a narrower bandwidth of the subchannel allows the use of equalizers designed for a shorter temporal length, because the narrower bandwidth reduces the transmission channel distortion. This benefit also reduces the overall number of computational operations per time unit required in the equalizers of all the subchannels. The increase in the number of subchannels is compensated for by the symbol rate reduction in all or some subchannels, which also reduces the rate of computations in the equalizers.

The following discussion is directed to elucidate the conventional techniques utilized to reduce the radio-frequency interference problem at the receive end.

In a VDSL single-carrier communication system, the bandwidth of a singular RF interference emission is typically essentially narrower than the data signal transmission bandwidth. Hence, a singular source of RF interference can be treated as a narrowband emitter in the frequency spectrum. On the other hand, the signal transmission bandwidth in the VDSL single-carrier system is so broad that the incidence of RF emissions on the transmission channel bandwidth is usually impossible to avoid. Such spot-frequency interference can be eliminated by bandstop filters. If the

frequencies of the interference emitters are known *a priori*, the problem can be overcome using bandstop filters tuned to given frequency bands and implemented using analog, digital or mixed techniques. In the case that the RF interference emitter frequencies are not known *a priori*, an adaptive filter must be used with a design capable of tuning the bandstop filter frequencies case-by-case so that they are centered at the frequencies emitted by the RF interference source.

Such fixed bandstop filters cause additional distortion which must be compensated for by increasing the temporal length of the receiver equalizers and, by the same token, the number of tap coefficients. This in turn increases the task of required computation. Moreover, stop bands falling over the data signal transmission spectrum deteriorate the signal-to-noise ratio, sometimes even drastically [Salz]. In practice, the use of an adaptive filter means that the temporal length of the linear equalizer (FFE) in the receiver must be increased substantially in order to provide the equalizer with a sufficient capacity for both handling its portion of channel distortion and additionally forming the required stop bands. Also the temporal length of a feedback equalizer (DFE) must be increased to make it capable of handling its respective portion of channel distortion equalization and, additionally, of compensating for the distortion imposed on the composition signal by the stop bands formed in the linear equalizer block. Also herein, the signal-to-noise ratio degradation is subject to the same factors as those affecting the use of fixed-frequency bandstop filters.

In multicarrier communication systems, two conventional methods of entirely different nature may be used for protection against RF interference: 1) the frequency range affected by the RF interference may be excluded from the data signal transmission spectrum, or 2) said affected frequency range is filtered in the same fashion as in a single-carrier communication system.

In the case of RF interference occurring at frequencies known *a priori*, a practicable application of the former method requires that the subchannels used for data transfer

are placed on frequency bands free from said RF interference.

In a system suffering from RF interference at frequencies not known before, the former method is applicable to multicarrier systems of a great number of carriers up to tens or hundreds. The principle of this approach is illustrated in Fig. 4. Herein, a
5 suitable error criterion is used for decision-making on a given subchannel (2) affected by an RF interference emission (4) and, when the level of interference is high enough to prevent said subchannel from transmission of the composition signal with a sufficiently good quality, transmission over the affected subchannel is
10 stopped. The exclusion of a few (1 to 10) subchannels does not reduce the data transmission capacity (in bits/s) noticeably, because the contribution of any individual subchannel in the overall data transfer capacity of the system is very small. Resultingly, data transmission is arranged to take place on frequency bands not affected by RF interference. A drawback of systems operating with tens or
15 hundreds of carriers is the complicated implementation of transmitter and receiver structures and a high peak-to-RMS signal power ratio.

In a multicarrier communication system operating with so few subchannels that barring data transmission even on one of them would degrade the data transfer capacity
20 in a drastic manner, RF interference occurring at random frequencies must be attenuated using adaptive filters principally in the same fashion as in a single-carrier system. To encounter this demand, the number of computations required per time unit must be increased, which causes higher power consumption in the microcircuits. Later in the text, the peak value of computations per time unit will be called the
25 computing capacity.

If the interference occurs at a sufficiently low power level, the situation can be handled by reducing the bit rate of the affected subchannel, whereby the interference tolerance increases with the reduction of detected signal levels. Also this technique is
30 more suitable for use in a system having a high number of subchannels (from tens to hundreds), because the exclusion of a few subchannels does not reduce the overall

data transmission capacity noticeably.

It is an object of the present invention to overcome the drawbacks of the above-described techniques and to provide an entirely novel type of method for allocating
5 the subchannels used by modems in a multicarrier communication system and for optimally allocating the available computing capacity of signal-processing facilities between said subchannels.

10 The subchannel allocation according to the invention is implemented by dividing the available signal transmission bandwidth at frequencies having statistically most interference frequencies not known *a priori* into subchannels having a bandwidth narrower than that of the other subchannels.

15 More specifically, the method according to the invention is characterized by what is stated in the characterizing part of claim 1.

Furthermore, the system according to the invention is characterized in that the narrowest subchannels are placed on the frequency spectrum bands that are affected by the statistically largest portion of interference emissions at frequencies not known *a priori*.

20 Allocation of computing capacity according to the invention between the individual subchannels is implemented so that a portion larger than that of conventional allocation schemes is reserved from the available computing capacity for subchannels placed on frequency spectrum bands that are affected by the statistically largest
25 portion of interference emissions at frequencies not known *a priori*.

In a preferred embodiment of the invention, the system is provided with a facility of case-by-case allocation of computing capacity between the subchannels either automatically or under manual control.

30

The system according to the invention is characterized in that allocation of comput-

ing capacity between the individual subchannels is implemented by reserving a portion larger than that of conventional allocation schemes from the available computing capacity for subchannels placed on frequency spectrum bands statistically most affected by interference emissions at frequencies not known *a priori*.

5

More specifically, the system according to the invention is characterized by what is stated in the characterizing part of claim 8.

The invention offers significant benefits.

10

The subchannel allocation scheme according to the invention provides the following advantages:

15

The level of interference caused by RF emissions affecting a given subchannel can be reduced, because the present approach lowers the number of interference emissions incident on a given subchannel (herein it is fully appropriate to treat the interference by the number of emissions because a single source of interference can be assumed to occur at a singular point of the frequency spectrum).

20

The system complexity will not be increased in an unnecessary manner, since the subchannels are narrowed only at frequencies giving the maximum benefit, where the number of extra subchannels required remains insignificant.

25

The allocation scheme of computing capacity between the subchannels gives the following benefits:

In the system design phase, the available computing capacity can be allocated to subchannels on which its use is maximized on a statistical basis.

30

The available computing capacity can be allocated during the use and/or operation of the system manually or automatically on a case-by-case basis so as to achieve

maximum efficiency.

In the following, the invention is described in more detail with reference to exemplifying embodiments elucidated in the appended drawings in which

5

Fig. 1 is a graph illustrating signal transmission by prior-art techniques on a single, continuous frequency band;

10

Fig. 2 is a graph illustrating signal transmission by prior-art techniques on a plurality of nonoverlapping subchannels;

Fig. 3 is a graph illustrating signal transmission by prior-art techniques on a plurality of partially overlapping subchannels;

15

Fig. 4 is a block diagram illustrating a one signal transmission direction (US or DS) of a prior-art multicarrier communication system; and

20

Fig. 5 is a graph illustrating an allocation scheme according to the invention of the full signal transmission bandwidth into a plurality of subchannels in the modem equipment.

The abbreviations used in the text of this publication are:

	AM	Amplitude modulation
	CAP	Carrierless Amplitude/Phase modulation
25	DFE	Decision-feedback equalizer
	DFT	Discrete Fourier Transform
	DMT	Discrete multitone
	DS	Downstream (data transfer from switching center toward subscriber)
	ETSI	European Telecommunication Standards Institute
30	FFE	Feed-forward equalizer
	IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform

QAM Quadrature Amplitude Modulation

US Upstream (data transfer from subscriber toward switching center)

Tap coefficient Coefficient of the digital filter tap used for multiplying
the sampled value of the signal to be processed.

5

Accordingly, the invention concerns a method and apparatus for protecting against RF interference occurring at frequencies not known *a priori* in a multicarrier system operating with 2 to 5 subchannels per direction of signal transmission. In this type of a system, the exclusion of a subchannel or reduction of its bit rate will affect the overall data transmission capacity of the system in a detrimental manner up to

10

several tens of percent. In a VDSL application, the subchannel bandwidth in such a multicarrier system is in the order of 0.3 - 4 MHz, whereby RF interference can be treated as a discrete emission in the frequency spectrum in the same manner as the interference is handled in a single-carrier system.

15

Conventionally, the subchannels of multicarrier communication systems have been placed on frequency bands of the highest signal-to-noise ratio and, respectively, frequencies involving prohibitions of RF interference emissions are not used. To those versed in the art, proper allocation of subchannels so as to avoid RF interference at frequencies known *a priori* is obvious. In contrast, other kinds of RF interference cannot be circumvented in the system design phase by proper allocation of subchannels, because the emission frequencies of these RF interference sources may vary widely from country to country and even from site to site. In the following discussion, the term RF interference is used solely when reference is made to RF

20

25

interference occurring at frequencies not known *a priori* to the modem designer.

The present invention comprises three parts of which the first one is a novel method of determining the allocation of subchannels and apparatus suited for implementing the method.

30

The first part of the invention is based on the fact that the disturbing effect of RF

interference is proportional to the number of RF interference sources falling on the bandwidth of subchannel. This number is a computable quantity, because this kind of interference can be treated as a point source in the frequency spectrum.

- 5 The novel concept of multicarrier system according to the invention is based on anticipating RF interference occurring at random frequencies by placing the subchannels of narrower bandwidths on frequency bands, where radio broadcast activity is highest and the frequency spectrum is most densely populated by the spot frequencies of radio stations, such a frequency range typically spanning 90 kHz –
10 3.6 MHz. In the implementation of the invention, the transmission direction (whether US or DS) of each subchannel is irrelevant.

- The principle of subchannel allocation is shown in Fig. 5. The narrowest subchannels (2) are placed over the frequency range (5) that is statistically most affected by interference at frequencies not known *a priori*. The subchannels may be overlapping or
15 separated from each other by a guard band. Also here, the transmission direction (US or DS) of each subchannel is irrelevant.

- Obviously, the system design may be started from a single-carrier communication system whose entire transmission bandwidth is divided into subchannels that are
20 implemented by the same design techniques as those of the original single-carrier system. The allocation of subchannels is arranged so that the narrowest subchannels are placed on the frequency ranges of the highest radio broadcast activity and the highest density of radio stations along the frequency axis. After the allocation of the
25 subchannels, the transmission direction of each subchannel may be selected freely as noted above.

The second part of the invention is based on the following facts well known in the art:

- 30 Firstly, the number of computation operations per time unit required in an implementation of the system hardware is subject to constraints in microcircuit power con-

sumption and heat dissipation, size and cost. Later in the text, this constraint is referred to as the computing capacity.

5 The temporal lengths of the equalizers and/or the adaptive filters required in the different subchannels for attenuating RF interference increase with the increase of the RF interference level affecting a given subchannel.

10 Such an increase of the temporal length of equalizers and/or other adaptive filters necessitates use of a larger number of tap coefficients in equalizers and/or similar adaptive filters, thus involving a respectively higher number of computation steps per time unit.

15 The novel approach to a multicarrier system according to the invention is to anticipate the RF interference occurring at frequencies not known *a priori* by assigning the equalizers having the longest temporal length by the number of their tap coefficients or, respectively, the adaptive filters designed only for attenuating RF interference, to serve those subchannels that are placed on the frequency bands where radio broadcast activity is highest and the frequency spectrum is most densely populated by the spot frequencies of radio stations, such a frequency range typically spanning 90 kHz
20 - 3.6 MHz.

As is evident from the examination of the situation illustrated in Fig. 5, an approach based merely on the conventional design of channel distortion equalizers does not provide the same result as that described above. Dimensioning rules based on equal-
25 ization of channel distortion actually advice to reduce the number of tap coefficients, even the more the narrower the bandwidth of a given subchannel. Design rules based on the present invention teach to take the opposite approach. Accordingly, the greatest number of tap coefficient shall be allocated particularly to the narrowest subchannels. This design rule for the number of tap coefficients in practice means that
30 the available computing capacity must be divided between the different subchannels.

The third part of the invention relates to a novel method in modem use for selecting the temporal length of equalizers and/or separate adaptive filters of RF interference, which are assigned to different subchannels, and an apparatus utilizing the same.

- 5 Parts 1 and 2 of the invention are based on *a priori* knowledge about frequency ranges affected at the highest probability by RF interference. The method used in part 2 of the invention allows the available computing capacity to be divided on the basis of statistical knowledge in an optimal manner between the different sub-
- 10 channels. In some individual cases it is possible that the allocation of available computing capacity based on the above-described statistical knowledge approach is not the optimal solution.

- A novel concept herein is that the multicarrier communication system according to the invention anticipates RF interference occurring at random frequencies not known
- 15 *a priori* by virtue of arranging the numbers of the tap coefficients of equalizers and/or separate adaptive filters of RF interference, which are assigned to different subchannels, to be so parametrized that the allocation of computing capacity between the different subchannels can be altered case by case.

- 20 It is a further novel concept that the system is provided with a mechanism capable of changing during the operation of the modem the allocation of the available computing capacity between the different subchannels by modifying the above-mentioned number of tap coefficients in order to optimize the quality and/or speed of data transmission. The criterion for optimization can be selected to be, e.g., the ratio of detec-
- 25 tion error rate to the distance between adjacent detection levels.

References:

[Cox] R.V. Cox, *The design of uniform and nonuniform spaced pseudoquadrature mirror filters*, IEEE Trans. ASSP, Vol. 34, Oct. 1986, pp.1090 – 1096.

[Lee & Messerschmitt] E.A. Lee and D.G. Messerschmitt, *Digital Communication*,

Kluwer Academic Publishers, 1994.

[Salz] J. Salz, *Optimum mean-square decision feedback equalization*, The Bell System Technical Journal, Vol. 52, No. 8, Oct. 1973, pp. 1341 – 1373.

What is claimed is:

1. Method for dividing the transmission bandwidth into subchannels in modems based on multicarrier modulation technique, in which method the transmission bandwidth is divided into at least three subchannels (2) when both transmission directions are taken into account, characterized in that the bandwidth of said subchannels (2) at frequency ranges (5) affected at the highest probability by RF interference emissions at frequencies (4) not known *a priori* is set narrower than the bandwidth of other subchannels (2) and the number of said narrower-bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.
2. Method according to claim 1, characterized in that the bandwidth of said subchannels (2) placed in the frequency range of 90 kHz – 3.6 MHz (5) is set at least 30 % narrower than the bandwidth of other subchannels and the number of said narrower-bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.
3. Method according to claim 1, characterized in that said method anticipates RF interference occurring at unknown frequencies by assigning the equalizers and/or, respectively, the adaptive filters designed only for attenuating RF interference, having the longest temporal length by the number of their tap coefficients to serve those subchannels (2) that are placed on the frequency bands (5) where radio broadcast activity is highest and the frequency spectrum is most densely populated by the spot frequencies of radio stations.
4. Method according to claim 3, characterized in that the number of tap coefficients said equalizers and/or, respectively, said adaptive filters designed only for attenuating RF interference, assigned to said subchannels (2) placed on said frequency range of 90 kHz – 3.6 MHz (5) is set larger than the number of corresponding tap coefficients associated with subchannels placed at other points of the

frequency spectrum.

- 5 5. Method according to claim 3 or 4, characterized in that the allocation of available computing capacity between the different subchannels is arranged modifiable case by case so that the numbers of tap coefficients can be altered.
- 10 6. Method according to claim 3 or 4, characterized in that the system is provided with a mechanism capable of changing during the operation of the modem the allocation of the available computing capacity between the different subchannels by modifying said number of tap coefficients in order to optimize the quality and/or speed of data transmission.
- 15 7. Method according to claim 7, characterized in that the criterion for optimization can be selected to be the ratio of detection error rate to the spacing between adjacent detection levels.
- 20 8. Multicarrier communication system in which the transmission bandwidth is divided into at least three subchannels when both transmission directions are taken into account, characterized in that the bandwidth of said subchannels (2) at frequency ranges (5) affected at the highest probability by RF interference emissions at frequencies (4) not known *a priori* is set narrower than the bandwidth of other subchannels (2) and the number of said narrower-bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.
- 25 9. System according to claim 8, characterized in that the bandwidth of said subchannels (2) placed on the frequency range of 90 kHz – 3.6 MHz (5) is set at least 30 % narrower than the bandwidth of other subchannels and the number of said narrower-bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.
- 30 10. System according to claim 8, characterized in that said system

anticipates RF interference occurring at random frequencies by assigning the equalizers and/or, respectively, the adaptive filters designed only for attenuating RF interference, having the longest temporal length by the number of their tap coefficients to serve those subchannels (2) that are placed on the frequency bands (5) where radio broadcast activity is highest and the frequency spectrum is most densely populated by the spot frequencies of radio stations.

11. System according to claim 10, characterized in that the number of tap coefficients of said equalizers and/or, respectively, said adaptive filters designed only for attenuating RF interference, assigned to said subchannels (2) placed on said frequency range of 90 kHz – 3.6 MHz (5) is set larger than the number of corresponding tap coefficients associated with subchannels placed at other points of the frequency spectrum.

12. System according to claim 10 or 11, characterized in that the allocation of available computing capacity between the different subchannels is arranged modifiable case by case so that the numbers of tap coefficients can be altered.

13. System according to claim 10 or 11, characterized in that the system is provided with a mechanism capable of changing during the operation of the modem the allocation of the available computing capacity between the different subchannels by modifying said number of tap coefficients in order to optimize the quality and/or speed of data transmission.

14. System according to claim 13, characterized in that the criterion for optimization can be selected to be the ratio of detection error rate to the distance between adjacent detection levels.

PCT

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau



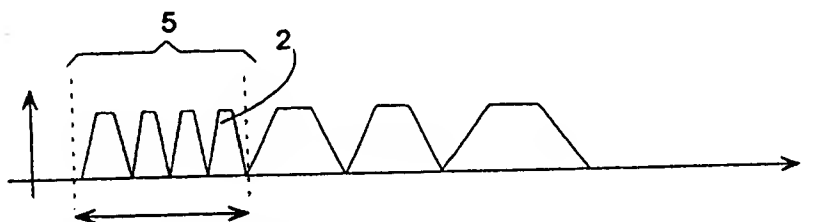
INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁷ : H04L 27/26, 5/06		(11) International Publication Number: WO 00/31939
A3		(43) International Publication Date: 2 June 2000 (02.06.00)
(21) International Application Number: PCT/FI99/00963 (22) International Filing Date: 19 November 1999 (19.11.99) (30) Priority Data: 982509 19 November 1998 (19.11.98) FI (71) Applicant (for all designated States except US): TELLABS OY [FI/FI]; Sinikalliontie 7, FIN-02630 Espoo (FI). (72) Inventors; and (75) Inventors/Applicants (for US only): LAAMANEN, Heikki [FI/FI]; Nuottakuja 2 B, FIN-02230 Espoo (FI). VÄÄNÄNEN, Janne [FI/FI]; Lansankallionkuja 2 A 4, FIN-02630 Espoo (FI). (74) Agent: SEPPO LAINE OY; Itämerenkatu 3 B, FIN-00180 Helsinki (FI).		(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Published With international search report. In English translation (filed in Finnish). (88) Date of publication of the international search report: 5 October 2000 (05.10.00)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING FREQUENCY SUB-BAND DIVISION IN MODEMS BASED ON MULTICARRIER MODULATION TECHNIQUE AND SYSTEM UTILIZING THE METHOD

(57) Abstract

The present invention concerns a method and system for dividing the transmission bandwidth into data-transferring subchannels of desired bandwidths and carrier locations in modems based on multicarrier modulation technique, in which method the transmission bandwidth is divided into at least three subchannels (2) when both transmission directions are taken into account. According to the invention, the bandwidth of said subchannels (2) at frequency ranges (5) affected at the highest probability by RF interference emissions at frequencies (4) not known *a priori* is set narrower than the bandwidth of other subchannels (2) and the number of said narrower-bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.



Frequency range of high broadcast activity and high density
of radio station along the frequency axis

Frequency range of high broadcast activity and high density of radio station along the frequency axis

FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece		Republic of Macedonia	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's	NZ	New Zealand		
CM	Cameroon		Republic of Korea	PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		

PATENT COOPERATION TREATY

REC'D 22 NOV 2000

WIPO

PCT

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

15

Applicant's or agent's file reference TELL 2 PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FI99/00963	International filing date (day/month/year) 19.11.1999	Priority date (day/month/year) 19.11.1998
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC ₇ H 04 L 27/26, H 04 L 5/06		
Applicant TELLABS OY ET AL.		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 3 sheets, including this cover sheet.
- ☐ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of _____ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 13.06.2000	Date of completion of this report 01.11.2000
Name and mailing address of the IPEA/SE Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. 08-667 72 88	Authorized officer Peder Gjervaldsæter/AE Telephone No. 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG-S

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI99/00963

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

☒ the international application as originally filed

☐ the description:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

☐ the claims:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, as amended (together with any statement) under article 19
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

☐ the drawings:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

☐ the sequence listing part of the description:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item. These elements were available or furnished to this Authority in the following language English which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☒ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rules 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheet/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2 (c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are annexed to this report since they do not contain amendments (Rules 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI99/00963

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	<u>1-14</u>	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	<u>1-14</u>	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	<u>1-14</u>	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations (Rule 70.7)

The claimed invention relates to a method and a system for optimising subchannel allocation in modems based on multicarrier modulation. The transmission bandwidth is, in the modem, divided into at least three subchannels when both transmission directions are taken into account. According to the invention, the bandwidth of subchannels at frequency ranges affected at the highest probability by RF interference not known a priori is set narrower than the bandwidths of other subchannels. The number of narrower bandwidth subchannels is not set smaller than two when both transmission directions are taken into account.

In the International Search Report the following documents were cited:

D1: WO 9 740 608 A1

D2: US 5 282 019 A

D3: GLOBECOM '96, Bingham, "RFI suppression in multicarrier transmission systems"

D4: US 4 757 495 A

D5: Conference Record of the Thirty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 1998, Vol. 2, Leke et al, "Dynamic bandwidth optimization for wireline and wireless"

D6: WO 9 748 206 A1

None of the documents D1-D6 describes a system, in which the bandwidth of a subchannel is set narrower if the subchannel has a frequency range that has a highest probability to be affected by RF interference. Therefore, what is claimed in claims 1-14 is novel, is considered to involve an inventive step and comprises industrial applicability.

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

0 0-1	For receiving Office use only International Application No.	
0-2	International Filing Date	
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	
0-4 0-4-1	Form - PCT/RO/101 PCT Request Prepared using	PCT-EASY Version 2.90 (updated 15.10.1999)
0-5	Petition The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	National Board of Patents and Registration (Finland) (RO/FI)
0-7	Applicant's or agent's file reference	TELL 2 PCT
I	Title of invention	METHOD FOR DETERMINING FREQUENCY SUB-BAND DIVISION IN MODEMS BASED ON MULTICARRIER MODULATION TECHNIQUE AND SYSTEM UTILIZING THE METHOD
II II-1 II-2 II-4 II-5	Applicant This person is: Applicant for Name Address:	applicant only all designated States except US TELLABS OY Sinikalliontie 7 FIN-02630 Espoo Finland
II-6 II-7	State of nationality State of residence	FI FI
III-1 III-1-1 III-1-2 III-1-4 III-1-5	Applicant and/or inventor This person is: Applicant for Name (LAST, First) Address:	applicant and inventor US only LAAMANEN, Heikki Nuottakuja 2 B FIN-02230 Espoo Finland
III-1-6 III-1-7	State of nationality State of residence	FI FI

PCT REQUEST

TELL 2 PCT

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

III-2	Applicant and/or inventor	
III-2-1	This person is:	applicant and inventor
III-2-2	Applicant for	US only
III-2-4	Name (LAST, First)	VÄÄNÄNEN, Janne
III-2-5	Address:	Lansankallionkuja 2 A 4 FIN-02630 Espoo Finland
III-2-6	State of nationality	FI
III-2-7	State of residence	FI
IV-1	Agent or common representative; or address for correspondence The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	agent
IV-1-1	Name	SEPPO LAINE OY
IV-1-2	Address:	Itämerenkatu 3 B FIN-00180 Helsinki Finland
IV-1-3	Telephone No.	+358-9-68 59 560
IV-1-4	Facsimile No.	+358-9-68 595 610
IV-1-5	e-mail	seppo.laine@selpat.fi
V	Designation of States	
V-1	Regional Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AP: GH GM KE LS MW SD SL SZ TZ UG ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT
V-2	National Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AE AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH&LI CN CR CU CZ DE DK DM EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZW

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

V-5	Precautionary Designation Statement In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.	
V-6	Exclusion(s) from precautionary designations	NONE
VI-1	Priority claim of earlier national application	19 November 1998 (19.11.1998)
VI-1-1	Filing date	982509
VI-1-2	Number	FI
VI-1-3	Country	
VI-2	Priority document request The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) identified above as item(s):	VI-1
VII-1	International Searching Authority Chosen	Swedish Patent Office (ISA/SE)
VIII	Check list	number of sheets
VIII-1	Request	4
VIII-2	Description	13
VIII-3	Claims	3
VIII-4	Abstract	1
VIII-5	Drawings	3
VIII-7	TOTAL	24
VIII-8	Accompanying items	paper document(s) attached
VIII-8	Fee calculation sheet	✓
VIII-9	Separate signed power of attorney	✓
VIII-16	PCT-EASY diskette	-
VIII-17	Other (specified):	Copy of official action
VIII-18	Figure of the drawings which should accompany the abstract	5
VIII-19	Language of filing of the international application	Finnish
IX-1	Signature of applicant or agent	
IX-1-1	Name	SEPPO LAINE OY
IX-1-2	Name of signatory	Jarkko Tiilikainen

FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

10-1	Date of actual receipt of the purported international application
------	---

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

10-2	Drawings:	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	
10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported International application	
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/SE
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	
------	--	--

RECORD COPY

PCT REQUEST

1/4

TELL 2 PCT

Original (for SUBMISSION) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

0	For receiving Office use only	
0-1	International Application No.	PCT/FI 99 / 0 0 9 6 3
0-2	International Filing Date	19 NOV 1999 (19. 11. 99)
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	The Finnish Patent Office PCT International Application
0-4	Form - PCT/RO/101 PCT Request Prepared using	PCT-EASY Version 2.90 (updated 15.10.1999)
0-5	Petition The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	National Board of Patents and Registration (Finland) (RO/FI)
0-7	Applicant's or agent's file reference	TELL 2 PCT
I	Title of invention	METHOD FOR DETERMINING FREQUENCY SUB-BAND DIVISION IN MODEMS BASED ON MULTICARRIER MODULATION TECHNIQUE AND SYSTEM UTILIZING THE METHOD
II	Applicant	
II-1	This person is:	applicant only
II-2	Applicant for	all designated States except US
II-4	Name	TELLABS OY
II-5	Address:	Sinikalliontie 7 FIN-02630 Espoo Finland
II-6	State of nationality	FI
II-7	State of residence	FI
III-1	Applicant and/or inventor	
III-1-1	This person is:	applicant and inventor
III-1-2	Applicant for	US only
III-1-4	Name (LAST, First)	LAAMANEN, Heikki
III-1-5	Address:	Nuottakuja 2 B FIN-02230 Espoo Finland
III-1-6	State of nationality	FI
III-1-7	State of residence	FI

PCT REQUEST

TELL 2 PCT

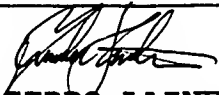
Original (for SUBMISSION) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

III-2	Applicant and/or Inventor	
III-2-1	This person is:	applicant and inventor
III-2-2	Applicant for	US only
III-2-4	Name (LAST, First)	VÄÄNÄNEN, Janne
III-2-5	Address:	Lansankallionkuja 2 A 4 FIN-02630 Espoo Finland
III-2-6	State of nationality	FI
III-2-7	State of residence	FI
IV-1	Agent or common representative; or address for correspondence The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	agent
IV-1-1	Name	SEPPO LAINE OY
IV-1-2	Address:	Itämerenkatu 3 B FIN-00180 Helsinki Finland
IV-1-3	Telephone No.	+358-9-68 59 560
IV-1-4	Facsimile No.	+358-9-68 595 610
IV-1-5	e-mail	seppo.laine@selpat.fi
V	Designation of States	
V-1	Regional Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AP: GH GM KE LS MW SD SL SZ TZ UG ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT
V-2	National Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AE AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH&LI CN CR CU CZ DE DK DM EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZW

PCT REQUEST

TELL 2 PCT

Original (for **SUBMISSION**) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

V-5	Precautionary Designation Statement In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.		
V-6	Exclusion(s) from precautionary designations	NONE	
VI-1	Priority claim of earlier national application		
VI-1-1	Filing date	19 November 1998 (19.11.1998)	
VI-1-2	Number	982509	
VI-1-3	Country	FI	
VI-2	Priority document request The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) identified above as item(s):	VI-1	
VII-1	International Searching Authority Chosen	Swedish Patent Office (ISA/SE)	
VIII	Check list	number of sheets	electronic file(s) attached
VIII-1	Request	4	-
VIII-2	Description	13	-
VIII-3	Claims	3	-
VIII-4	Abstract	1	tell2pct.txt
VIII-5	Drawings	3	-
VIII-7	TOTAL	24	
VIII-8	Accompanying items	paper document(s) attached	electronic file(s) attached
VIII-8	Fee calculation sheet	✓	-
VIII-9	Separate signed power of attorney	✓	-
VIII-16	PCT-EASY diskette	-	diskette
VIII-17	Other (specified):	Copy of official action	-
VIII-18	Figure of the drawings which should accompany the abstract	5	
VIII-19	Language of filing of the International application	Finnish	
IX-1	Signature of applicant or agent		
IX-1-1	Name	SEPPO LAINE OY	
IX-1-2	Name of signatory	Jarkko Tiilikainen	

FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

10-1	Date of actual receipt of the purported international application	19 NOV 1999	(19 -11- 1999)
------	--	-------------	------------------

PCT REQUEST

TELL 2 PCT

Original (for **SUBMISSION**) - printed on 19.11.1999 03:10:40 PM

10-2	Drawings:	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	
10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application	
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/SE
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY

11-1	Date of receipt of the record copy by the international Bureau	23 DECEMBER 1999	23. 12. 99
------	--	------------------	------------

Menetelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon määrittämiseksi sekä menetelmää soveltava järjestelmä

5 Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdannon mukainen menetelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien tiedonsiirtoon käytettävien taajuuskaistojen sijoittelun sekä leveyksien määrittämiseksi.

10 Keksinnön kohteena on myös järjestelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon optimoimiseksi.

15 Keksinnön kohteena on siis menetelmä, jonka avulla modeemiyhteydessä suojaudutaan radiotaajuisilta häiriöiltä, joiden taajuuksia ei voi pitää ennalta tunnettuina. Keksinnön kohteena on myös laitteisto, jonka avulla modeemiyhteydessä suojaudutaan e.m. radiotaajuisilta häiriöiltä. Menetelmä soveltuu modeemeihin, joissa käytetään yleisesti tunnettuja lineaarisia modulaatiomenetelmiä: QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ja CAP (Carrierless Amplitude/Phase modulation).

20 Kuparikaapelia pitkin tullaan siirtämään yhä suurempia nopeuksia. ETSI:n (European Telecommunication Standarts Institute) työryhmä on työstämässä VDSL-modeemin (Very High Speed Digital Subscriber Line) määrittelyä. Suurimmat siirtonopeudet ovat kymmeniä megabittejä sekunnissa, ja taajuusalue, millä siirto tapahtuu, on 300 kHz:n ja 30 MHz:n välillä.

25 Tällä taajuusalueella operoitaessa käyttäen useiden megahertsien levyisiä kaistoja tulevat erilaiset radiotaajuiset häiriöt ongelmaksi etenkin niissä maissa, joissa käytetään ilmakaapeleita tilaajakaapelina (mm. Suomessa maaseudulla). Mainitulla taajuusalueella on runsaasti AM-radioasemia ja lisäksi radioamatööritoimintaa. Modeemiyhteyden vastaanotinta radioaallot saattavat häiritä kytkeytymällä ilmakaapeliin ja muuttumalla kaapelissa osittain ns. poikittaiseksi häiriöksi, joka voi edetä kaapelia pitkin
30 vastaanottoimeen. Toisaalta modeemiyhteys voi itse häiritä radiotoimintaa, koska kaapelissa kulkeva moduloitu signaali sisältää tehoa radiotaajuuksilla ja tämä teho osaksi säteilee ympäristöön.

Modeemin suunnittelun kannalta radiohäiriöt voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Häiriöihin, joiden taajuus on ennalta tunnettu ja häiriöihin joiden taajuus ei ole ennalta tunnettu. Ennalta tunnetun taajuisia radiohäiriöitä ovat radioamatööritoiminnasta johtuvat
5 häiriöt, koska amatööritoiminta tapahtuu tietyillä kansainvälisesti standardoiduilla taajuuskaistoilla. Sen sijaan lukuisten AM-asemien lähetykset kuuluvat häiriöihin, joiden taajuuksia ei voida katsoa modeemin suunnitteluvaiheessa ennakolta tunnetuiksi, koska eri maissa lähetystaajuudet vaihtelevat huomattavasti.

- 10 Tietynsuuntainen yhteys (tilaajalta keskukseen, US (Up Stream) tai keskukselta tilaajaan, DS (Down Stream)) voidaan toteuttaa käyttäen yhtä yhtenäistä taajuuskaistaa (1) tai useampia taajuuskaistoja (2) kuvion 1 mukaisesti. Käytettäessä useampia taajuuskaistoja voi kaistojen välissä olla alue, jolle ei käytännöllisesti katsoen syötetä tehoa (3) (engl. guard band), tai kaistat voivat olla osittain limittäin kuvion 2 mukaisesti. Limittäisten
15 kaistojen yhteydessä tilanne on ikään kuin olisi yksi yhtenäinen kaista, mutta modulaatiotekniikan näkökulmasta useasta kaistasta puhuminen on kuitenkin mielekästä.

- Periaatekaavio järjestelmästä, jossa siirtosuuntaa kohden käytetään useampia kuin yhtä taajuuskaistaa, on esitetty yhden siirtosuunnan osalta kuviossa 3. Siirrettävä data (D)
20 jaetaan rinnakkaisiin haaroihin ($D_1 \dots D_n$), jotka ylösmoduloidaan ($m_1 \dots m_n$) kukin omalle kaistalleen taajuusalueessa. Tällöin muodostuvat osasignaalit $S_1 \dots S_n$, joiden summa on kanavassa kulkeva hyötysignaali (S). Vastaanotossa tietyt toiminnot (h) (esim. osa suodattuksesta) kohdistetaan tulevaan signaaliin (S). Tämän jälkeen signaalista erotetaan ja alasmoduloidaan ($m'_1 \dots m'_n$) kutakin kaistaa vastaavat osuudet ($s_1 \dots s_n$),
25 joille suoritetaan tarvittavat muut vastaanottimessa tehtävät operaatiot kuten kanavakorjaus, ilmaisu, ajastus ja tarvittavat suodattukset (k). Vastaanotettu datavirta (d) muodostetaan yhdistämällä rinnakkaiset datavirrat $d_1 \dots d_n$. Vastaanotettu datavirta (d) on sama kuin lähetetty datavirta (D), jollei siirtovirheitä ole. Tässä tekstissä kutakin osasignaalia vastaavia taajuuskaistoja nimitetään jatkossa alikaistoiksi (engl. sub-band).
30 Tiettyyn suuntaan (US tai DS) signaalia siirtävien alikaistojen ei tarvitse olla taajuusalueessa vierekkäin vaan erisuuntaiset alikaistat voivat olla eri tavoilla lomittain. Jatkossa esitettävän tarkastelun kannalta ei ole merkitystä sillä, mikä on yksittäisen

alikaistan siirtosuunta. Alikaistojen keskitaajuksia nimitetään kantoaalloiksi (engl. Carrier) ja järjestelmää, jossa on siirtosuuntaa kohden vain yksi alikaista nimitetään yksikantoaaltojärjestelmäksi (engl. Single Carrier) ja järjestelmää, jossa on siirtosuuntaa kohden useita alikaistoja nimitetään monikantoaaltojärjestelmäksi (engl. Multi Carrier).

5

Yksikantoaaltojärjestelmässä käytettävän taajuuskaistan leveys on VDSL nopeuksilla useita megahertsejä, tyypillisesti 1 – 12 MHz. Kanavan amplitudi- ja vaihevääristymä on korjattava adaptiivisillä vastaanotinkorjaimilla. Amplitudi- ja vaihevääristymän voimakkuus on verrannollinen taajuuskaistan leveyteen ja sitä kautta siirtonopeuteen (symbolitaajuuteen). Tästä seuraa, että siirtonopeuden kasvattaminen pidentää tarvittavaa vastaanotinkorjainten ajallista pituutta. Korjainten ajallisen pituuden kasvattaminen vaatii korjainten tappikertoimien (engl. Tap Coefficient) lukumäärän lisäämistä. Tappikertoimien lukumäärän kasvu taas osaltaan lisää tarvittavien laskutoimitusoperaatioiden määrää ja siten myös mikropiirien tehon kulutusta, mikä on kriittinen suure laitteiston toimivuuden kannalta. Etuna yksikantoaaltojärjestelmässä on kiinteiden lähetys- ja vastaanotinsuodatinten yksinkertaisuus verrattuna monikantoaaltojärjestelmiin.

10
15

Monikantoaaltojärjestelmän alikaistat voivat olla taajuusalueessa keskenään joko saman levyisiä tai eri levyisiä ja ne voivat sijaita taajuusalueessa joko tasa- tai epätasavälisesti. Perinteisessä DMT-modulaatiossa (discrete multitone) alikanavat ovat keskenään samanlevyisiä ja ne sijaitsevat tasavälisesti. DMT muodostetaan suodatinpankilla, joka toteuttaa lähetyspäässä käänteisen diskreetin Fourier-muunnoksen (IDFT) ja vastaanottopäässä diskreetin Fourier-muunnoksen (DFT) [Lee & Messerschmitt]. Sellaista suodatinpankkia, joka toteuttaa tasalevyiset ja tasanjakautuneet alikanavat kutsutaan tasajakoiseksi suodatinpankiksi (engl. uniform filterbank). Vastaavasti sellaista suodatinpankkia, joka ei täytä tasavälisyyden ja/tai -jakautuneisuuden ehtoa kutsutaan epätasajakoiseksi suodatinpankiksi (engl. non-uniform filterbank). Esim. lähteessä [Cox] on kuvattu sekä tasa- että epätasajakoisten suodatinpankkien muodostamista. Tällaisten suodatinpankkien avulla voidaan toteuttaa sekä tasa- että epätasajakautuneita monikantoaaltojärjestelmiä. Monikantoaaltojärjestelmän voidaan myös katsoa muodostuvan useista rinnakkaisista loogisesti, muttei välttämättä implementoinnillisesti,

20
25

30

itsenäisistä yksikantaaaltojärjestelmistä. Kuviossa 3 kukin haara (esim. m1-kanava-h-m'1-k) voi olla esimerkiksi perinteinen QAM-modulaatiota soveltava järjestelmä. Kuvaus QAM-modulaatiosta on mm. lähteessä [Lee & Messerschmitt].

- 5 Monikantaaaltojärjestelmien etu yksikantaaaltojärjestelmään nähden on se, että monikantaaaltojärjestelmissä voidaan tiedonsiirto allokoida niille taajuusalueille, joilla on paras signaalikohinasuhde ja toisaalta niiden taajuusalueiden välttäminen on helppoa, joille modeemin ei ole sallittu aiheuttaa häiriöitä. Haittapuolena monikantaaaltojärjestelmissä on lähetin- ja vastaanotinsuodatinrakenteiden
- 10 (suodatinpankki) monimutkaisuus sekä suuri signaalin huippu- ja tehollisarvojen suhde verrattuna yksikantaaaltojärjestelmään. Monimutkaisuus lisääntyy alikaistojen lukumäärän kasvaessa, mutta suuri alikaistojen lukumäärä on kokonaissiirtokapasiteetin kannalta edullista, koska tällöin voidaan parhaiten hyödyntää niitä taajuusalueita, joilla on paras signaalikohinasuhde. Alikaistojen lukumäärän kasvaessa ja
- 15 kokonaissiirtokapasiteetin ollessa vakio joko kaikki alikaistat tai ainakin osa niistä kaventuvat. Impulssihäiriötoleranssi paranee alikaistan kaventuessa, koska tällöin symbolin ajallinen kesto pitenee.

- Edelleen alikaistan kaventaminen sallii korjainten ajallisen pituuden lyhentämisen, koska
- 20 kaistan kaventuessa kanavavääristymä heikkenee. Tämä vähentää kaikkien alikaistojen korjaimien vaatimaa laskuoperaatioiden kokonaismäärää aikayksikössä. Alikaistojen lukumäärän lisääntyminen kompensoituu sillä, että kaikkien tai osan alikaistoista symbolitaajuus ja siten myös korjaimien laskentataajuus pienenee.

- 25 Seuraavaksi tarkastellaan, miten edellä esitetyillä tunnettuun tekniikkaan perustuvilla menetelmillä voidaan hoitaa radiohäiriöistä johtuvaa ongelmaa vastaanottimessa.

- VDSL-Yksikantaaaltojärjestelmässä yksittäisen radiohäiriön kaista on oleellisesti kapeampi kuin signaalin siirtokaista. Tällöin yksittäistä radiohäiriötä voidaan pitää
- 30 taajuusalueessa pistemäisenä häiriönä. Toisaalta VDSL-yksikantaaaltojärjestelmässä signaalin siirtokaista on niin leveä, että radiohäiriöiden osumista siirtokaistalle ei yleensä voida välttää. Tällaiset pistemäiset häiriöt voidaan eliminoida kaistanestosuodattimilla.

Mikäli radiohäiriöiden taajuudet ovat ennakolta tiedossa voidaan käyttää kiinteitä tietyille taajuusalueille suunniteltuja kaistanestosuodattimia, jotka voivat olla analogisia, digitaalisia tai molempia. Mikäli radiohäiriöiden taajuudet eivät ole ennakolta tiedossa, joudutaan käyttämään adaptiivista suodatinta, joka tapauskohtaisesti muodostaa tarvittavat estokaistat radiohäiriöiden esiintymistaajuuksille.

Kiinteät kaistanestosuodattimet aiheuttavat lisävääristymää, jonka kompensoimiseksi vastaanotinkorjainten ajallista pituutta ja sitä kautta tappikerrointen lukumäärää on kasvatettava. Tällöin laskentatyön määrä kasvaa. Lisäksi estokaistojen asettaminen signaalin siirtokaistalle heikentää signaalikohinasuhdetta joskus jopa huomattavasti [Salz]. Adaptiivisen suodattimen käyttö merkitsee käytännössä sitä, että lineaarisen vastaaotinkorjaimen (FFE) ajallista pituutta kasvatetaan niin paljon, että se kykenee hoitamaan osuutensa kanavavääristymän korjaamisesta ja lisäksi muodostamaan tarvittavat estokaistat. Takaisinkytketyn vastaanotinkorjaimen (DFE) ajallista pituutta on myös kasvatettava, jotta se pystyisi hoitamaan osuutensa kanavavääristymän korjaamisesta ja lisäksi kompensoimaan lineaariseen osaan muodostuneiden estokaistojen hyötysignaalia vääristävän vaikutuksen. Signaalikohinasuhteen heikkenemiseen pätee sama kuin kiinteiden kaistanestosuodatinten yhteydessä.

Monikantaaaltojärjestelmissä voidaan käyttää kahta erilaista yleisesti tunnettua menetelmää radiohäiriöiltä suojautumiseen. 1) Taajuusalue, jolle radiohäiriö osuu, voidaan jättää käyttämättä signaalin siirtoon, tai kyseisellä 2) taajuusalueella käytetään sopivaa suodatusta radiohäiriöiden poistamiseksi samalla tavalla kuin yksikantaaaltojärjestelmässä.

Sellaisten radiohäiriöiden osalta, joiden taajuudet ovat ennakolta tunnettuja, on ensin mainitun menetelmän soveltaminen käytännössä sitä, että tiedonsiirtoon käytettävät alikaistat allokoidaan niille taajuusalueille, joilla k.o. radiohäiriöitä ei esiinny.

Niiden radiohäiriöiden osalta, joiden taajuudet eivät ole ennakolta tunnettuja, ensinmainittu menetelmä sopii tapaukseen, jossa kantaaltoja on paljon; kymmeniä tai satoja. Periaate on esitetty kuviossa 4. Sopivan virhekkriteerin perusteella päätellään,

milloin jokin alikaista (2) on radiohäiriön (4) kohteena, ja häiriön ollessa niin suurta ettei k.o. alikaista kykene siirtämään hyötysignaalia riittävän hyvälaatuisesti, lopetetaan tiedonsiirto kyseisellä alikaistalla. Muutaman (1-10) alikaistan käyttämättä jättäminen ei häiritsevästi vähennä siirtokapasitettia [bits/s], koska yhden alikaistan osuus järjestelmän kokonaissiirtokapasiteetista on hyvin pieni. Tiedonsiirto siis allokoituu tapauskohtaisesti niille taajuusalueille, joilla radiohäiriöitä ei esiinny. Haittapuolena järjestelmässä, jossa on kymmeniä tai satoja kantoaaltoja, on lähetin- ja vastaanotinrakenteiden monimutkaisuus sekä suuri signaalin huippu- ja tehollisarvojen suhde.

10 Sellaisessa monikantoaaltojärjestelmässä, jossa alikaistoja on niin vähän, että tiedonsiirron lopettaminen yhdelläkin alikaistalla aiheuttaisi siirtokapasiteetin pienenemisen häiritsevästi, täytyy ennalta tuntemattomilla taajuuksilla esiintyvät radiohäiriöt vaimentaa adaptiivisillä suodattimilla periaatteessa samoin kuin yksikantoaaltojärjestelmässä. Tähän varautuminen kasvattaa signaalinkäsittelyyn tarvittavien laskutoimitusten lukumäärää aikayksikössä ja sitä kautta mikropiirien tehon kulutusta. Jatkossa aikayksikköä kohden tarvittavien laskutoimitusten lukumäärän ylärajaa kutsutaan laskentakapasiteetiksi.

20 Mikäli häiriö on riittävän heikkotehoinen, voidaan tilannetta hoitaa vähentämällä kyseisen alikaistan bittinopeutta, jolloin häiriötoleranssi kasvaa ilmaisintasojen lukumäärän pienentyessä. Tämäkin menetelmä sopii paremmin tilanteeseen, jossa on paljon alikaistoja (kymmeniä - satoja), koska tällöin muutaman alikaistan bittinopeuden vähentäminen ei häiritsevästi vähennä kokonaissiirtokapasitettia.

25 Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä kuvatun tekniikan puutteellisuudet ja aikaansaada aivan uudentyypinen menetelmä monikantoaaltojärjestelmää soveltavien modeemien alikaistajaon määrittämiseksi sekä käytettävissä olevan signaalinkäsittelyyn tarvittavan laskentakapasiteetin optimaaliseksi jakamiseksi eri alikaistojen kesken.

30 Keksinnön mukainen alikaistajako toteutetaan siten, että siirtokaista jaetaan muita alikaistoja kapeampiin alikaistoihin niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

- 5 Keksinnön mukaiselle järjestelmälle puolestaan on tunnusomaista se, että kapeimmat alikaistat sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

- 10 Keksinnön mukainen laskentakapasiteetin jako eri alikaistojen kesken toteutetaan siten, että käytettävissä olevasta laskentakapasiteetista varataan suurempi osuus, kuin mihin perinteinen suunnittelu johtaisi, niille alikaistoille, jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

- 15 Keksinnön yhdessä edullisessa sovellusmuodossa laitteistoon järjestetään mahdollisuus siihen, että käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken voidaan tapauskohtaisesti muuttaa joko automaattisesti tai manuaalisesti.

- 20 Keksinnön mukaiselle järjestelmälle on ominaista se että, laskentakapasiteetin jako eri alikaistojen kesken on toteutettu siten, että käytettävissä olevasta laskentakapasiteetista varataan suurempi osuus, kuin mihin perinteinen suunnittelu johtaisi, niille alikaistoille, jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

- 25 Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle järjestelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 8 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja.

Keksinnön mukaisella alikaistajaolla saavutetaan seuraavat hyödyt:

30

Yksittäiselle alikaistalle osuvien radiohäiriöiden haittavaikutusta saadaan vähenemään, koska alikaistalle tulevien radiohäiriöiden lukumäärä pienenee (radiohäiriöiden

lukumäärästä puhuminen on mielekästä, koska yksittäistä häiriötä voidaan pitää taajuusalueessa pistemäisenä).

Järjestelmän monimutkaisuus ei lisäännä tarpeettomasti, koska alikaistoja kavennetaan
5 vain siellä, missä se on eniten hyödyllistä, jolloin alikaistojen lukumäärän lisäys on vähäinen.

Keksinnön mukaisella laskentakapasiteetin jaolla eri alikaistojen kesken saavutetaan
10 seuraavat hyödyt:

Käytettävissä oleva laskentakapasiteetti voidaan laitteen suunnitteluvaiheessa allokoida
sinne, missä se on tilastollisesti katsoen hyödyllisintä.

Käytettävissä oleva laskentakapasiteetti voidaan laitteen käytön ja/tai toiminnan aikana
15 osoittaa joko manuaalisesti tai automaattisesti sinne, missä se on kussakin tilanteessa hyödyllisintä.

Keksintöä ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan oheisten kuvioden
20 mukaisten suoritusesimerkkien avulla.

Kuvio 1 esittää graafisesti tunnetun tekniikan mukaista signaalin siirtoa yhdellä
yhtenäisellä taajuuskaistalla.

Kuvio 2 esittää graafisesti tunnetun tekniikan mukaista signaalin siirtoa usealla ei
25 päällekkäin olevalla taajuuskaistalla.

Kuvio 3 esittää graafisesti tunnetun tekniikan mukaista signaalin siirtoa usealla osittain
päällekkäin olevalla taajuuskaistalla.

30 Kuvio 4 esittää tunnetun tekniikan mukaisen monikantoaaltojärjestelmän yhden siirtosuunnan (US tai DS) lohkokaaviota.

Kuvio 5 esittää graafisesti yhtä keksinnön mukaista siirtokaistan jakoa useisiin alikanaviin modeemilaitteistossa.

Tässä asiakirjassa on käytetty seuraavia lyhenteitä:

5

AM	Amplitudimoduloitu
CAP	Carrierless Amplitude/Phase modulation
DFE	Decision feedback equaliser
DFT	Discrete Fourier Transform
10 DMT	Discrete multitone
DS	Down stream (siirtosuunta keskuksesta tilaajaan päin)
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FFE	Feed forward equaliser
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform
15 QAM	Quadrature Amplitude Modulation
US	Up stream (siirtosuunta tilaajalta keskukseen päin)
Tappi	Digitaalisen suodattimen kerroin, jolla kerrotaan käsiteltävän signaalin näytearvoa

- 20 Keksinnön kohteena on menetelmä ja laitteisto, jolla suojaudutaan ennalta tuntemattomilla taajuuksilla esiintyviä radiohäiriöitä vastaan monikantaaaltojärjestelmässä, jossa alikaistojen lukumäärä siirtosuuntaa kohden on 2 – 5. Tällaisessa järjestelmässä alikaistan sulkeminen tai sen bittinopeuden vähentäminen pienentää kokonaissiirtokapasiteettia häiritsevästi; jopa kymmeniä prosentteja. VDSL-
- 25 sovelluksessa tällaisen monikantaaaltojärjestelmän alikaistan leveys on luokkaa 0.3 – 4 MHz, jolloin radiohäiriöitä voidaan pitää taajuusakselilla pistemäisinä häiriöinä samoin kuin yksikantaaaltojärjestelmässä.

- 30 Perinteisesti monikantaaaltojärjestelmissä on alikaistat sijoitettu niille taajuusalueille, joilla signaalikohinasuhde on edullisin ja toisaalta niitä taajuusalueita ei käytetä, joille häiriötehon tuottaminen on kielletty. Alikaistojen sopiva sijoittelu tunnetuilla taajuuksilla esiintyvien radiohäiriöiden kiertämiseksi on alan ammattilaiselle selvää. Sen sijaan muita

radiohäiriöitä ei voida kiertää alikaistojen sopivalla sijoittelulla suunnitteluvaiheessa, koska k.o. radiohäiriöiden taajuudet voivat vaihdella huomattavasti maittain ja jopa paikkakunnittain. Jatkossa radiohäiriöillä tarkoitetaan yksinomaan sellaisia radiohäiriöitä, joiden taajuudet ovat modeemin suunnittelun kannalta ennalta
5 tuntemattomia.

Tämä keksintö koostuu kolmesta osasta, joista ensimmäinen on uusi menetelmä alikaistakonfiguraation määrittämiseen ja sitä soveltava laitteisto.

- 10 Keksinnön ensimmäinen osa perustuu siihen, että radiohäiriöiden haittavaikutus on verrannollinen alikaistalle osuvien radiohäiriöiden lukumäärään. Lukumäärä on laskettavissa oleva suure, koska häiriöitä voidaan pitää taajuusalueessa pistemäisinä.

Uutta on se, että keksinnön mukaisessa monikantaaaltojärjestelmässä varaudutaan
15 ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla taajuuskaistaltaan kapeammat alikaistat niille taajuusalueille, joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin, tällainen taajuusalue on tyypillisesti 90 kHz – 3,6 MHz. Keksinnön kannalta ei ole merkitystä, mikä on kunkin alikaistan siirtosuunta (US tai DS).

20

Alikaistojen sijoittelun periaate on esitetty kuviossa 5. Kapeimmat alikaistat (2) sijaitsevat alueella (5), missä esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia. Alikaistat voivat olla limittäisiä tai niiden välissä voi olla suoja-alue (guard-band). Edelleen ei ole merkitystä, mikä on kunkin alikaistan
25 siirtosuunta (US tai DS).

Lähtökohtana voidaan luonnollisesti pitää myös yksikantaaaltojärjestelmää, jonka siirtokaista jaetaan alikaistoihin, jotka toteutetaan samalla menetelmällä kuin alkuperäinen yksikantaaaltojärjestelmä. Alikaistajako toteutetaan siten, että kapeimmat
30 alikaistat syntyvät sinne, missä radiotoiminta on yleisintä ja radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin. Alikaistajaon jälkeen voidaan luonnollisesti kunkin alikaistan siirtosuunta valita vapaasti.

Keksinnön toinen osan lähtökohtana ovat seuraavat tunnetut asiat:

5 Laitteen toteutuksessa tarvittavien laskutoimitusten määrä aikayksikössä on rajoitettu mikropiirien tehokulutuksen/lämpenemisen, koon ja hinnan takia. Jatkossa tähän rajoitukseen viitataan termillä: laskentakapasiteetti.

10 Eri alikaistoihin liittyvien korjaimien ja/tai erillisten radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tarvittavat ajalliset pituudet kasvavat alikaistalle osuvien radiohäiriöiden lukumäärän kasvaessa.

15 Korjainten ja/tai muiden adaptiivisten suodatinten ajallisen pituuden kasvattaminen lisää korjainten ja/tai muiden adaptiivisten suodatinten tappikertoimien lukumääriä ja sitä kautta tarvittavien laskutoimitusten määrää aikayksikössä.

20 Uutta on se, että keksinnön mukaisessa monikantoaaltojärjestelmässä varaudutaan ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla tappikerrointen lukumäärällä mitaten pisimmät korjaimet ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettuja adaptiivisia suodattimia niille alikaistoille, jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin, tyypillisesti 90 kHz – 3,6 MHz.

25 Perinteisellä pelkästään kanavavääristymään perustuvalla korjainten mitoituksella ei esim. kuvion 5 mukaisessa tilanteessa päädyttäisi samaan lopputulokseen. Kanavavääristymään perustuva mitoitus johtaisi siihen, että alikaistakohtainen tappikerrointen lukumäärä olisi sitä pienempi mitä kapeampi alikaista on kysymyksessä. Tämän keksinnön mukaisessa mitoituksessa tilanne on päin vastoin. Alikapistakohtainen tappikerrointen lukumäärä on suurin nimenomaan kapeimmilla alikaistoilla. Alikapistakohtaisten tappikerrointen lukumäärän valinta merkitsee käytettävissä olevan
30 laskentakapasiteetin jakamista eri alikaistojen kesken.

Keksinnön kolmas osa on uusi menetelmä eri alikaistoihin liittyvien korjaimien ja/tai erillisten radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien pituuksien valintaan modeemin käytön yhteydessä ja sitä soveltava laitteisto

- 5 Keksinnön osat 1 ja 2 perustuvat a'priori tietoon siitä, millä taajuusalueilla radiohäiriöitä esiintyy suurimmalla todennäköisyydellä. Keksinnön 2. osassa esitetyllä menetelmällä saadaan käytettävissä oleva laskentakapasiteetti jaettua tilastollisesti ottaen edullisella tavalla eri alikaistojen kesken. Yksittäisessä tapauksessa on kuitenkin mahdollista, että em. tilastolliseen ajatteluun perustuva laskentakapasiteetin jako ei ole optimaalinen.

10

- Uutta on se, että keksinnön mukaisessa monikantoaaltojärjestelmässä varaudutaan ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan siten, että eri alikaistoihin liittyvien korjaimien ja/tai erillisten radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tappikerrointen määrät ovat parametrisoidut siten, että
15 käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken voidaan tapauskohtaisesti muuttaa.

- Edelleen uutta on se, että järjestelmä varustetaan mekanismilla, joka kykenee modeemin toiminnan aikana muuttamaan käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri
20 alikaistojen kesken em. tappimääriä muuttamalla tiedonsiirron laadun ja/tai nopeuden optimoimiseksi. Optimointikriteeri voi olla esim. ilmaisinvirheen ja vierekkäisten ilmaisutasojen etäisyyden suhde.

Viitteet:

25

[Cox] R.V.Cox, *The design of uniform and nonuniform spaced pseudoquadrature mirror filters*, IEEE Trans. ASSP, Vol. 34, Oct. 1986, pp. 1090 – 1096.

- [Lee & Messerschmitt] E. A. Lee and D.G. Messerschmitt, *Digital Communication*,
30 Kluwer Academic Publishers 1994.

[Salz] J. Salz, *Optimum mean-square decision feedback equalization*, The Bell System Technical Journal, Vol. 52, No. 8, Oct. 1973, pp. 1341 – 1373.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä monikantoaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon määrittämiseksi, jossa menetelmässä siirtokaista jaetaan ainakin yhteensä kolmeen
5 alikaistaan (2) molemmat siirtosuunnat mukaan luettuna, tunnettu siitä, että alikaistojen (2) leveys niillä taajuusalueilla (5), joilla suurimmalla todennäköisyydellä esiintyy ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia (4), valitaan pienemmäksi kuin muiden alikaistojen (2) leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumääräksi valitaan vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90 kHz – 3,6 MHz (5) sijaisevien alikaistojen (2) leveys valitaan vähintään 30% pienemmäksi kuin muiden alikaistojen leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumääräksi valitaan vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat
15 siirtosuunnat otetaan huomioon.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmässä varaudutaan ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla tappikerrointen lukumäärällä mitaten pisimmät korjaimet ja/tai pelkästään
20 radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitetut adaptiiviset suodattimet niille alikaistoille (2), jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla (5), joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90
25 kHz – 3,6 MHz (5) sijaiseviin alikaistoihin (2) liittyvät korjainten ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tappikerrointen lukumäärät valitaan suuremmaksi kuin muualla taajuusalueessa sijaitseviin alikaistoihin liittyvät vastaavat tappikerrointen määrät.
- 30 5. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jako eri alikaistojen kesken järjestetään tapauskohtaisesti

muutettavaksi siten, että alikaistoihin liittyvien tappikerrointen lukumääriä voidaan muuttaa.

- 5 6. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä varustetaan mekanismilla, joka kykenee modeemin toiminnan aikana muuttamaan käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken em. alikaistakohtaisia tappikerrointen määriä muuttamalla tiedonsiirron laadun ja/tai nopeuden optimoimiseksi.
- 10 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että optimointikriteeriksi valitaan ilmaisinvirheen ja vierekkäisten ilmaisutasojen etäisyyden suhde.
- 15 8. Monikantoaaltojärjestelmä, jossa siirtokaista on jaettu ainakin yhteensä kolmeen alikaistaan molemmat siirtosuunnat mukaan luettuna, tunnettu siitä, että alikaistojen (2) leveys niillä taajuusalueilla (5), joilla suurimmalla todennäköisyydellä esiintyy ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia (4), on pienempi kuin muiden alikaistojen (2) leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumäärä on vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.
- 20 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90 kHz – 3,6 MHz (5) sijaisevien alikaistojen (2) leveys on vähintään 30% pienempi kuin muiden alikaistojen leveys ja mainittuja kapeampia alikaistoja on vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.
- 25 10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmässä on varauduttu ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla tappikerrointen lukumäärällä mitaten pisimmät korjaimet ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitetut adaptiiviset suodattimet niille alikaistoille (2), jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla (5), joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla
- 30 radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90 kHz – 3,6 MHz (5) sijaiseviin alikaistoihin (2) liittyvät korjainten ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tappikerrointen lukumäärät ovat suuremmat kuin muualla taajuusalueessa sijaitseviin alikaistoihin
5 liittyvät vastaavat tappikerrointen määrät.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä käsittää välineet muuttaa käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken tapauskohtaisesti siten, että alikaistoihin liittyvien tappikerrointen lukumääriä
10 voidaan muuttaa.

13. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä on varustettu mekanismilla, joka kykenee modeemin toiminnan aikana muuttamaan käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken em. tappimääriä
15 muuttamalla tiedonsiirron laadun ja/tai nopeuden optimoimiseksi.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen järjestelmä tunnettu siitä, että optimointikriteeri on esim. ilmaisinvirheen ja vierekkäisten ilmaisutasojen etäisyyden suhde.

(57) Tiivistelmä:

Keksinnön kohteena on menetelmä ja järjestelmä monikantoaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon määrittämiseksi, jossa menetelmässä siirtokaista jaetaan ainakin yhteensä kolmeen alikaistaan (2) molemmat siirtosuunnat mukaan luettuna. Keksinnön mukaan alikaistojen (2) leveys niillä taajuusalueilla (5), joilla suurimmalla todennäköisyydellä esiintyy ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia (4), valitaan pienemmäksi kuin muiden alikaistojen (2) leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumääräksi valitaan vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.

(Kuvio 5)

1/3

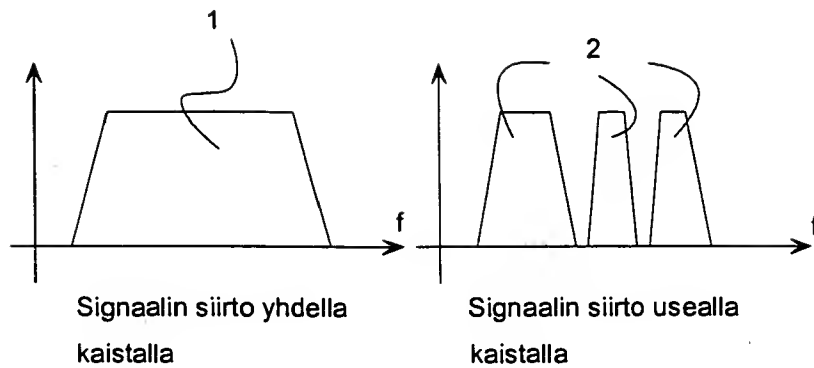


Fig. 1

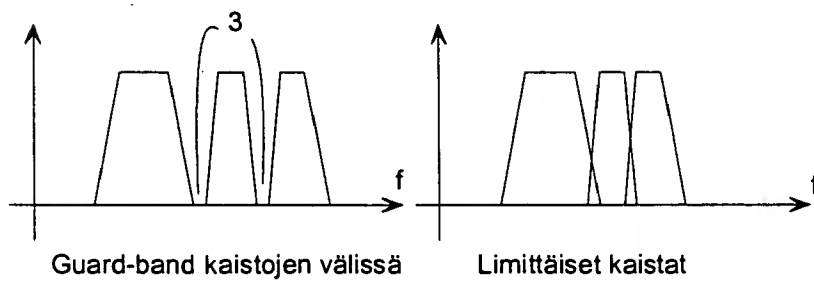


Fig. 2

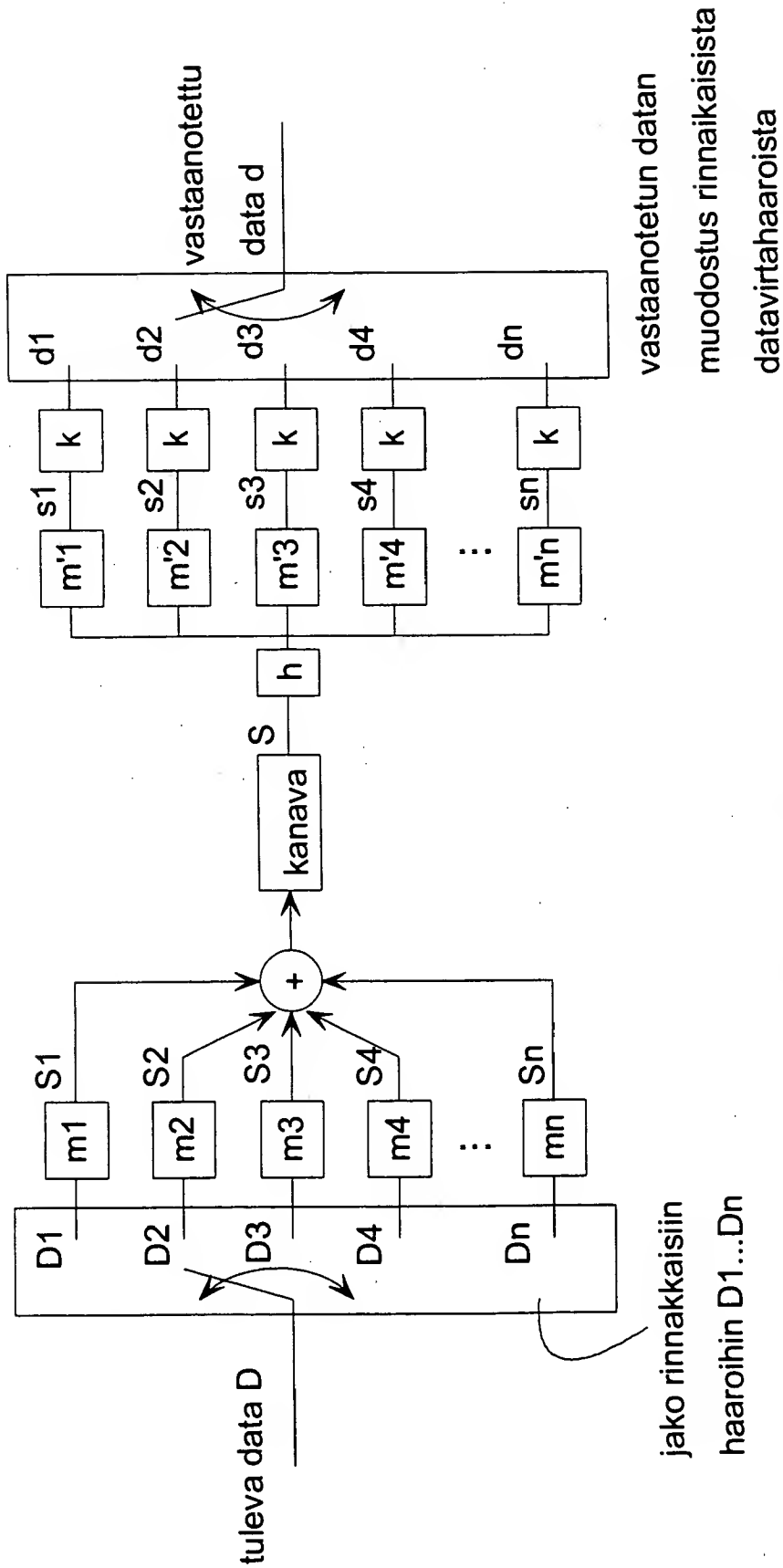


Fig. 3

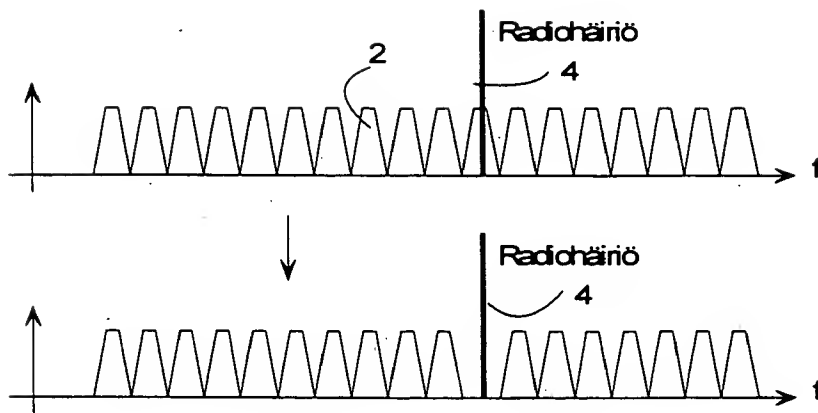


Fig. 4

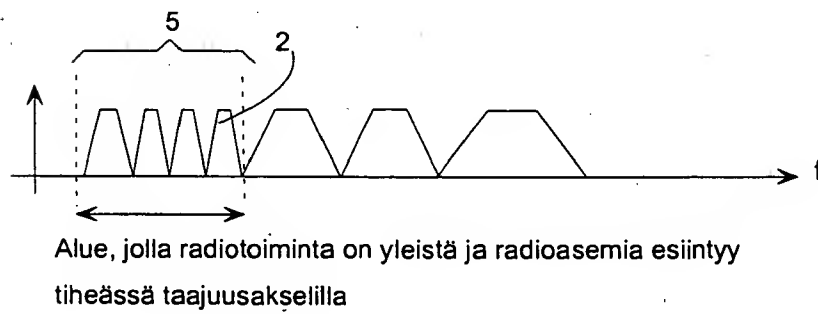


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FI 99/00963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC7: H04L 27/26, H04L 5/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

SE,DK,FI,NO classes as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 9740608 A1 (AMATI COMMUNICATIONS CORPORATION), 30 October 1997 (30.10.97), page 10, line 6 - line 32; page 16, line 11 - line 23 --	1-14
A	US 5282019 A (C. BASILE ET AL.), 25 January 1994 (25.01.94), column 4, line 33 - column 5, line 7 --	1-14
A	Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM. The Key to Global Prosperity '96. 'Communications: John A.C. Bingham: "RFI suppression in multicarrier transmission systems", see section 3,4. --	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 May 2000

Date of mailing of the international search report

25 -05- 2000

Name and mailing address of the ISA/

Swedish Patent Office

S-141 86 STOCKHOLM

Authorized officer

Bader, Signaldæster/45

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FI 99/00963

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4757495 A (D.W. DECKER ET AL.), 12 July 1988 (12.07.88), column 2, line 55 - column 3, line 47 --	1-14
A	Conference Record of the Thirty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 1998, Volume: 2, 1998, Pages 1753-1757 vol. 2, Leke A. et al: "Dynamic bandwidth optimization for wireline and wireless", see section 2.2;4, abstract. --	1-14
A	WO 9748206 A1 (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY), 18 December 1997 (18.12.97), page 3, line 34 - page 4, line 34 -- -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

02/12/99

International application No.

PCT/FI 99/00963

Patent document cited in search report			Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO	9740608	A1	30/10/97	AU	2461897 A	12/11/97
				AU	3054797 A	12/11/97
				CA	2251887 A	30/10/97
				CA	2251946 A	30/10/97
				EP	0894364 A	03/02/99
				EP	0894390 A	03/02/99
				IL	126653 D	00/00/00
				WO	9740587 A	30/10/97
				AU	2675397 A	12/11/97
				EP	0894389 A	03/02/99
				WO	9740609 A	30/10/97
US	5282019	A	25/01/94	JP	2145088 A	04/06/90
				US	5006926 A	09/04/91
				US	5053860 A	01/10/91
				US	5214501 A	25/05/93
				US	5134464 A	28/07/92
				US	5291289 A	01/03/94
				CA	2059976 A	30/07/92
				DE	69211368 D,T	05/12/96
				EP	0497395 A,B	05/08/92
				SE	0497395 T3	
				ES	2090476 T	16/10/96
				JP	4319882 A	10/11/92
				US	5243428 A	07/09/93
US	4757495	A	12/07/88	GB	2187611 A,B	09/09/87
				JP	63272151 A	09/11/88
WO	9748206	A1	18/12/97	AU	2702397 A	07/01/98
				CA	2257799 A	18/12/97
				CZ	9803993 A	11/08/99
				EP	0906676 A	07/04/99
				FI	962362 D	00/00/00
				PL	330924 A	07/06/99